

Inhaltsverzeichnis

I	Elektrotechnisch unterwiesene Person (EUP)	19
1	Grundlagen der Elektrotechnik I	19
1.1	Potentiale	19
1.1.1	Elektrisches Feld	21
1.1.2	Magnetisches Feld	22
1.2	Der Stromkreis	22
1.2.1	Die Spannung	23
1.2.2	Spannungsquellen	24
1.2.3	Spannungsgrößen	24
1.3	Der Strom	25
1.4	Der Leitwert	25
1.5	Der Widerstand	25
1.6	Kennzeichnung von Spannungen und Strömen	26
1.6.1	Berechnungen im einfachen Stromkreis	26
1.6.2	Der Widerstand von Leitungen	28
1.7	Übungsaufgaben	30
2	Gefahren des elektrischen Stromes	33
2.1	Allgemeine Wirkung des elektrischen Stromes	33
2.2	Wirkung auf den Menschen	33
2.2.1	Ersatzschaltbild des Menschen	34
2.2.2	Einwirkungsdauer des Stromes auf den Körper	35
2.2.3	Gefährliche Körperströme	37
2.2.4	Weg des Stromes durch den Körper	37
2.2.5	Maximale Berührungsspannung	38
2.3	Warum fließt ein Strom zur Erde?	39
2.4	Lichtbogeneinwirkung	39
2.5	Übungsaufgaben	41
3	Arbeitsschutz	43
3.1	Arbeitsschutzgesetz	44
3.1.1	Betriebssicherheitsverordnung	44
3.1.2	Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)	45
3.1.3	Arbeitsstättenverordnung	45

3.1.4	Arbeitsstättenrichtlinien (ASR)	46
3.1.5	Baustellenverordnung	46
3.1.6	Regeln auf Baustellen (RAB)	46
3.2	Die gesetzliche Unfallversicherung	46
3.2.1	DGUV Vorschriften	47
3.2.2	DGUV Regeln	47
3.2.3	DGUV Informationen	47
3.2.4	DGUV Grundsätze	48
3.2.5	Beispielhafte Pflichten und Aufgaben	48
3.3	Prüfung von Arbeitsmitteln	48
3.4	Koordination von Arbeiten	49
3.5	Elektrische Anlagen auf Bau- und Montagestellen	49
3.6	DGUV Vorschrift 3 – Elektrische Anlagen und Betriebsmittel	50
3.6.1	Arbeiten im spannungsfreien Zustand (die fünf Sicherheitsregeln)	51
3.6.1.1	Freischalten	51
3.6.1.2	Gegen Wiedereinschalten sichern	52
3.6.1.3	Spannungsfreiheit feststellen	52
3.6.1.4	Erden und Kurzschließen	53
3.6.1.5	Benachbarte, spannungsführende Teile abdecken oder abschränken	53
3.6.2	Arbeiten in der Nähe Spannung führender Teile	53
3.6.3	Arbeiten unter Spannung	54
3.7	Gefahr durch Störlichtbögen.....	55
3.8	Übungsaufgaben	56
4	Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Stromunfällen	59
4.1	Die Rettungskette.....	59
4.2	Vorgehen bei Unfällen mit elektrischem Strom	60
4.2.1	Der Notruf	61
4.2.2	Notmaßnahmen – Bewertung der Notsituation und Handlungsempfehlungen	61
4.2.3	Ansprechbarer Patient	62
4.2.4	Transport	62
4.3	Übungsaufgaben	63
5	Zulässige Tätigkeiten und fachliche Verantwortung der EuP.....	65
5.1	Übungsaufgaben	66

II	Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten	67
6	Ausbildung zur Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten	67
6.1	Tätigkeitsfeld	67
6.2	Arbeitsanweisung.....	68
6.3	Bestellung.....	70
6.4	Abgrenzung zu elektrotechnischen Installationen	71
6.5	Übungsaufgaben	72
7	Grundlagen der Elektrotechnik II	73
7.1	Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen	73
7.1.1	Die Reihenschaltung	73
7.1.2	Die Parallelschaltung	75
7.1.3	Widerstandsnetzwerke	77
7.2	Zusammenschalten von Spannungsquellen.....	77
7.2.1	Reihenschaltung von Spannungsquellen	77
7.2.2	Parallelschaltung von Spannungsquellen	78
7.3	Wechselspannung	78
7.3.1	Erzeugung von Wechselspannungen	78
7.3.2	Wichtige Kenngrößen einer Wechselspannung	79
7.4	Drehstrom	80
7.4.1	Erzeugung von Drehstrom	80
7.4.2	Kennzeichnungen im Drehstromsystem	82
7.4.3	Drehfeld	82
7.4.4	Verkettungsfaktor	83
7.4.5	Schaltungen im Drehstromsystem	83
7.4.5.1	Sternschaltung	83
7.4.5.2	Dreieckschaltung	84
7.5	Elektrische Leistung und Wirkungsgrad	85
7.5.1	Leistung im Gleichstromkreis	85
7.5.2	Leistung im Wechselstromkreis	85
7.5.3	Leistung im Drehstromkreis	87
7.5.4	Wirkungsgrad	87
7.5.5	Elektrische Arbeit	88
7.6	Spannungsquellen	89
7.6.1	Leerlaufspannung und Innenwiderstand	89
7.6.2	Leistungsanpassung	90
7.7	Übungsaufgaben	92

8	Schutz gegen elektrischen Schlag	95
8.1	Fehler in Anlagen und Betriebsmitteln	95
8.1.1	Aktive Teile	96
8.1.2	Fehlerarten	96
8.2	Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag	96
8.3	Einteilung der Schutzmaßnahmen	98
8.4	Schutz durch Abschaltung	98
8.4.1	Basisschutz	98
8.4.2	Schutz durch Isolierung aktiver Teile	99
8.4.3	Schutz durch Abdeckung oder Umhüllung	99
8.4.4	Berührungsschutz	100
8.4.5	Schutz durch Abschaltung der Stromversorgung	100
8.5	Netzsysteme in PV-Anlagen	101
8.5.1	DC-Netzsysteme	101
8.5.2	AC-Netzsysteme	102
8.6	Schutzmaßnahmen im TN-System	104
8.7	Schutzmaßnahmen im TT-System	107
8.8	Schutz im IT-System	109
8.9	Doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzisolierung)	109
8.10	Schutztrennung	110
8.11	Schutz durch Schutzkleinspannung	111
8.12	Zusätzlicher Schutz	113
8.13	Zusätzlicher Schutz in besonderen Fällen	114
8.14	Schutzpotentialausgleich	115
8.14.1	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich	117
8.14.2	Blitzschutzpotentialausgleich	117
8.14.3	Funktionspotentialausgleich	118
8.15	Schutz von Betriebsmitteln und deren Benutzer	118
8.15.1	Schutzarten (IP-Code)	118
8.16	Schutzklassen – Schutz von Betriebsmitteln gegen elektrischen Schlag	120
8.17	Übungsaufgaben	121
9	Arbeitsschutz II	125
9.1	Gefahr durch Störlichtbögen	127
9.2	Gefahr durch Absturz	128
9.3	Gefahr durch Sonneneinstrahlung.....	131
9.3.1	Anzuwendende Schutzmaßnahmen	131
9.4	Übungsaufgaben	131

10	Struktur der Arbeitsverantwortung	133
10.1	Organisationsverantwortung	133
10.2	Garantenverantwortung	134
10.3	Verantwortliche Elektrofachkraft	134
10.4	Arbeitsverantwortlicher	134
10.5	Zusammenarbeit zwischen dem Anlagen- und dem Arbeitsverantwortlichen	135
10.6	Definition der zulässigen Tätigkeiten der Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (EFKfT)	136
	10.6.1 Die fachliche Verantwortung der EFKfT	137
	10.6.2 DGUV Vorschrift 3 Anforderungen an den Unternehmer	137
10.7	Übungsaufgaben	138
11	Bauteile einer Photovoltaik-Anlage als Teil der elektrischen Anlage	141
11.1	Überstrom-Schutzeinrichtungen	141
	11.1.1 Niederspannungs-Sicherungssysteme	141
	11.1.2 D-Sicherungssystem	142
	11.1.3 DO-Sicherungssystem	142
	11.1.4 PV-Sicherungen	143
	11.1.5 NH-Sicherungssystem	144
11.2	Leitungsschutzschalter	144
	11.2.1 Leitungsschutzschalter für DC-Anwendungen.....	145
11.3	Fehlerstrom-Schutzschalter.....	145
	11.3.1 Weitere Fehlerstrom-Schutzschalter-Typen	147
11.4	Kabel und Leitungen	148
	11.4.1 Harmonisierte Leitungen	148
	11.4.2 Nationale Leitungen	151
	11.4.3 PV-Leitungen	152
	11.4.4 Verwendung von Leiterfarben	154
11.5	Belastbarkeit von Leitungen	154
	11.5.1 Strombelastbarkeit von Leitungen	155
	11.5.2 Geänderte Umgebungsbedingungen	156
	11.5.3 Häufung von Leitungen.....	156
	11.5.4 Kurzschlussbelastbarkeit von Leitungen	158
	11.5.5 Biegeradien	159
	11.5.6 Feste Verlegung von Leitungen	160
	11.5.7 Kabelkanäle und Kabelrinnen.....	161
	11.5.8 Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter anschießen	163

11.5.9	Induktionsschleifenbildung von Leitungen	164
11.5.10	Kennzeichnung von Leitungssystemen	164
11.6	Steckverbinder	165
11.6.1	Spezielle Anwendungen	165
11.6.2	Schukosteckverbindung	165
11.6.3	CEE-Stecksystem	166
11.6.4	Berührungslose Niederspannungs- Steckverbindungen	167
11.6.5	PV-Steckverbindungen	168
11.7	Geräteanschluss	169
11.8	Schaltgeräte in PV-Anlagen	170
11.8.1	AC-Schalter	170
11.8.2	DC-Schalter	170
11.8.3	Feuerwehrscharter	171
11.8.4	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen	171
11.9	PV-Module	172
11.9.1	Funktionsweise von Solarzellen – Raumladungszone	172
11.9.2	Dünnschicht-Solarzellen	174
11.9.3	Kristalline Solarzellen	175
11.9.4	Mechanischer Aufbau eines Moduls	175
11.9.5	Elektrische Daten eines Moduls	176
11.9.6	Kennlinie eines Moduls	177
11.9.7	Befestigung von Modulen	179
11.9.8	Schutz gegen Erd- und Körperschlüsse	180
11.9.9	Verschattung und Bypassdioden	181
11.10	Wechselrichter	182
11.11	Überspannungsschutz	184
11.11.1	Risikoanalyse	185
11.11.2	Installation auf der DC-Seite	186
11.12	Übungsaufgaben	186
12	Dimensionierung der DC-Seite	189
12.1	Anzahl der Module	189
12.2	Zusammenfassung der Module zu Strängen	189
12.3	Der Wechselrichter	190
12.4	Strom- und Spannungsanpassung	191
12.5	Leistungsverlust auf Leitungen	194
12.6	Hilfsmittel zur Dimensionierung	197
12.7	Übungsaufgaben	197

13	Dimensionierung der AC-Seite des Wechselrichters	199
13.1	Übungsaufgaben	200
14	Fachpraktische Grundkenntnisse	201
14.1	Werkzeuge des Elektrotechnikers	201
14.1.1	Verwendung von Werkzeugen	202
14.2	Messgeräte	203
14.2.1	Sicherheitsanforderungen an Messgeräte	203
14.2.2	Technische Anforderungen	204
14.3	Pläne in der Elektrotechnik	205
14.3.1	Stromlaufplan	205
14.3.2	Verdrahtungsliste	207
14.3.3	Übersichtsschaltplan	207
14.4	Aufbau von Schaltschränken	208
14.4.1	Temperatur in Schaltschränken	209
14.4.2	EMV-Gesichtspunkte	209
14.4.3	Abschirmen und Trennen	210
14.4.4	Überspannungsschutz	210
14.5	Übungsaufgaben	211
15	Allgemeine elektrotechnische Tätigkeiten	213
15.1	Auswahl von Leitungen	213
15.2	Abmanteln	214
15.3	Abmanteler	215
15.4	Abisolieren	215
15.5	Herrichten von Leitungen zum Anschluss	216
15.5.1	Ösen biegen	216
15.5.2	Aderendhülsen aufbringen	218
15.5.3	Kabelschuhe aufpressen	219
15.5.4	Herrichten für Federzugklemmen	220
15.5.5	Reihenklemmen mit der Push-In-Technik	221
15.5.6	Anschlüsse mittels Schraubklemmen	221
15.6	Anschließen von Betriebsmitteln	222
15.6.1	Allgemeine Anforderungen	222
15.6.2	Besondere Vorschriften für Leiterquerschnitte und Leitungsarten	223
15.6.3	Baustellen nach DGUV Information 203-005	224
15.6.4	Büro und ähnliche Bereiche	225
15.6.5	Handgeführte Betriebsmittel	225

15.7	Schutz gegen Eindringen von Feuchtigkeit und Fremdkörpern	225
15.8	Anschließen von Betriebsmitteln	227
15.8.1	Zugentlastung	227
15.8.2	Leiteranschlüsse	228
15.8.3	Leiterverbindungen	229
15.8.4	Abzweig- oder Verbindungsboxen	229
15.9	Übungsaufgaben	229
16	Praktische Ausführung der Montage	231
16.1	Arbeitsvorbereitung	231
16.1.1	Materialbereitstellung	231
16.1.2	Arbeitssicherheitsmaßnahmen prüfen	231
16.1.3	Materialtransport zum Montageort	231
16.2	Montage auf verschiedenen Tragkonstruktionen	232
16.3	Leitungsverlegung	232
16.4	Steckermontage	232
16.5	Dokumentation der Anlage	232
16.6	Prüfung und Dokumentation der Prüfung	232
16.7	Abnahme durch den Kunden oder den Kundenvertreter	233
16.8	Übungsaufgaben	233
17	Prüfen der elektrischen und funktionalen Sicherheit	235
17.1	Sichtprüfung im DC-System	236
17.1.1	Prüfen der Montagebedingungen	236
17.1.2	Schutz gegen elektrischen Schlag	237
17.1.3	Schutz gegen die Wirkung von Isolationsfehlern	237
17.1.4	Schutz gegen Überstrom	238
17.1.5	Erdung und Potentialausgleich	238
17.1.6	Blitz und Überspannungsschutz	238
17.2	Erproben des DC-Systems	239
17.2.1	Grundsätzliches	239
17.2.2	Erprobungen Kategorie 1	240
17.2.3	Prüfverfahren der Kategorie 2	241
17.2.4	Zusätzliche Prüfungen	241
17.3	Prüfverfahren der DC-Prüfkategorie 1	241
17.3.1	Durchgängigkeit der Schutz- und Potentialausgleichsleiter	241
17.3.2	Polaritätsprüfung	242

17.3.3	Leerlaufspannung	242
17.3.4	Kurzschlussstrom im Strang	243
17.3.5	Betriebsprüfung des Stromes im Strang	243
17.3.6	Isolationswiderstand des Arrays	244
17.4	Zusätzliche Prüfungen	245
17.5	Prüfung im AC-System	245
17.5.1	Prüfen der Montagebedingungen AC-Niederspannung	246
17.5.2	Prüfen der Montagebedingungen AC-Hochspannung	246
17.5.3	Prüfen der MSR- und IT-Komponenten	246
17.6	Prüfverfahren im Niederspannungs-AC-System	247
17.6.1	Durchgängigkeit der Leiter	247
17.6.2	Isolationswiderstand	247
17.6.3	Prüfung der Spannungspolarität	248
17.6.4	Schutz gegen elektrischen Schlag	248
17.6.5	Drehfeld	250
17.7	Prüfen der Niederspannungsschaltgerätekombination	250
17.8	Prüfen der IT-/MSR-Installation	251
17.9	Übungsaufgaben	252
18	Wiederholungsprüfungen an PV-Systemen	255
18.1	Sichtprüfung	255
18.1.1	Module	255
18.1.2	Arrays	256
18.1.3	Verkabelung	256
18.1.4	Wechselrichter	256
18.1.5	Niederspannungsschaltgerätekombinationen	256
18.1.6	Erdungsanlage	257
18.1.7	Dach	257
18.1.8	Allgemeines	257
18.2	Elektrische Prüfungen DC	257
18.3	MSR-Anlage	257
18.4	AC-Anlage	258
18.5	Dokumentation der Prüfung	258
18.6	Übungsaufgaben	258
19	Vermeiden von Installationsfehlern	259
19.1	Übungsaufgaben.....	260

Anhang	261
Gesetzlicher Rahmen	261
DIN-VDE-Bestimmungen	261
Anwendungsregeln	261
DIN-Normen	262
Regeln aus dem Baurecht	262
Energiegesetzgebung	262
Niederspannungsrichtlinie	262
Niederspannungsanschlussverordnung (NAV)	263
Technische Anschlussbedingungen (TAB) der jeweiligen Netzbetreiber	263
Messstellenbetriebsgesetz – MsbG	263
Gesetzgebung zur Regenerativen Energie	264
 Lösung der Übungsaufgaben	 265
 Literaturverzeichnis	 284
 Stichwortverzeichnis	 285